

CERAMIC COMPOSITE MATERIAL AND ITS PARTS

Publication number: JP10194856

Publication date: 1998-07-28

Inventor: HIRATA HIDEYUKI; FUKUDA DAIJIRO; KAMEDA TSUNEJI; ICHIKAWA HIROSHI; KONO SHIRO; MIYAZAKI SATOSHI

Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO; NIPPON CARBON CO LTD

Classification:

- **International:** C04B35/565; C04B35/80; C04B35/565; C04B35/80;
(IPC1-7): C04B35/80; C04B35/565

- **European:**

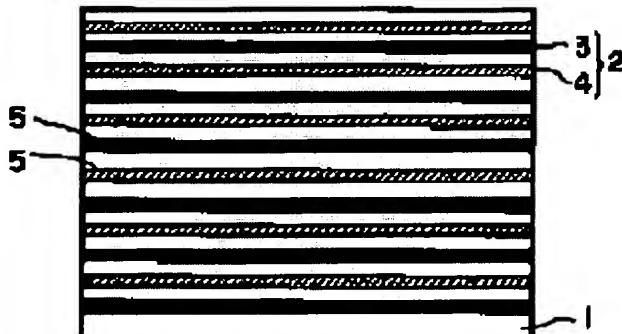
Application number: JP19970004634 19970114

Priority number(s): JP19970004634 19970114

[Report a data error here](#)

Abstract of JP10194856

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a ceramic composite material capable of enhancing the strength of the entire material while making use of the advantage of the increase of crack propagation resistance in the case of combination with fibers by combining fibers having higher elasticity than a ceramic matrix with fibers having lower elasticity than the ceramic matrix and arranging them in the ceramic matrix. **SOLUTION:** This ceramic composite material consists of a ceramic matrix 1 and ceramic fibers 2 arranged in the matrix 1. The ceramic fibers 2 are fibers 3 having a higher elasticity than the ceramic matrix 1 and fibers 4 having a lower elasticity than the matrix 1. The higher elasticity fibers 3 are preferably long SiC fibers whose compsn. is considered to be the stoichiometric compsn. of SiC or long SiC fibers formed by CVD using carbon as a core material. The lower elasticity fibers are preferably long Si-C-O fibers or long Si-C fibers.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

計31件

特開平10-194856

(43) 公開日 平成10年(1998)7月28日

(51) Int. Cl.⁶
C04B 35/80
35/565

識別記号

F I
C04B 35/80
35/56 101
35/80 C

K
L
C

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全7頁)

(21) 出願番号

特願平9-4634

(22) 出願日

平成9年(1997)1月14日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(71) 出願人 000228338

日本カーボン株式会社

東京都中央区八丁堀2丁目6番1号

(72) 発明者 平田 英之

神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内

(72) 発明者 福田 大二郎

神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内

(74) 代理人 弁理士 波多野 久 (外1名)

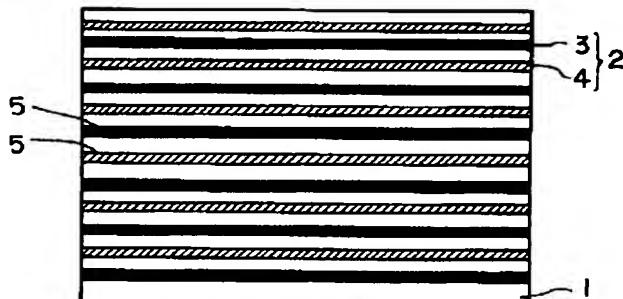
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】セラミック複合材料とその部品

(57) 【要約】

【課題】繊維を複合化させた場合の亀裂進展抵抗を増大させる利点を活用しつつ、材料全体の強度向上を期待できるセラミック複合材料とその部品を提供する。

【解決手段】セラミック複合材料を、セラミック母材1と、この母材2内に複合化されるセラミック繊維2とで構成する。セラミック繊維2は、セラミック母材1よりも弾性率が高い高弾性繊維3と、その母材1よりも弾性率が低い低弾性繊維4とを備える。この2種の繊維3、4をセラミック母材1内に混在させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミック母材と、この母材内に複合化されるセラミック繊維とで構成し、このセラミック繊維は、上記セラミック母材よりも高弾性の繊維と、そのセラミック母材よりも低弾性の繊維とを備え、上記高弾性および低弾性の繊維を上記セラミック母材内に混在させたことを特徴とするセラミック複合材料。

【請求項2】 前記セラミック母材は、前駆体法、反応焼結法、およびCVD法の内の少なくとも1つで形成されるSiCを主相とする母材である請求項1記載のセラミック複合材料。

【請求項3】 前記セラミック繊維は、SiC系繊維である請求項2記載のセラミック複合材料。

【請求項4】 前記高弾性の繊維は、化学量論的にSiC組成とみなされるSiC長繊維および炭素繊維を芯材に用いたCVD法で形成されるSiC長繊維の少なくとも1種であり、前記低弾性の繊維は、Si-C-O長繊維およびSi-C長繊維の少なくとも1種である請求項3記載のセラミック複合材料。

【請求項5】 前記セラミック繊維は、複数の繊維層を積層させた繊維構造体であり、上記複数の繊維層を前記高弾性および低弾性の繊維の少なくとも一方で構成した請求項2から4までのいずれか1項記載のセラミック複合材料。

【請求項6】 前記複数の繊維層は、二次元織物および一方向プリプレグシートの少なくとも一方で構成した請求項5記載のセラミック複合材料。

【請求項7】 前記繊維構造体は、前記複数の繊維層の積層面に直交する方向に配置される繊維要素を備え、この繊維要素を前記高弾性および低弾性の繊維の少なくとも一方で構成した請求項5または6記載のセラミック複合材料。

【請求項8】 前記複数の繊維層を前記低弾性の繊維で構成し、前記繊維要素を前記高弾性の繊維で構成した請求項7記載のセラミック複合材料。

【請求項9】 使用時に材料内で発生する応力分布パターンの内の高応力相当部分に前記高弾性の繊維を前記低弾性の繊維よりも高い配合比率で配置すると共に、上記応力分布パターンの内の低応力相当部分に上記低弾性の繊維を上記高弾性の繊維よりも高い配合比率で配置した請求項1から9までのいずれか1項記載のセラミック複合材料。

【請求項10】 前記高弾性の繊維とセラミック母材との間の密着強度は、前記低弾性の繊維とセラミック母材との間の密着強度よりも高い請求項1から9までのいずれか1項記載のセラミック複合材料。

【請求項11】 請求項1から10までのいずれか1項記載のセラミック複合材料を用いて構成したことを特徴とするガスタービン部品。

【請求項12】 請求項1から10までのいずれか1項 50

記載のセラミック複合材料を用いて構成したことを特徴とするガスタービンシュラウド部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、ガスタービンなどに使用されるセラミック複合材料とその部品に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、ガスタービンの高温化および高効率化の要請により、動翼、静翼、ガスタービンシュラウド等のガスタービン部品の構成材料として耐熱性および弱冷却に優れたセラミックスが注目されている。この中でも、特にセラミックス固有の弱点とされる脆性を改善可能な材料としてセラミック複合材料が脚光を浴び、その実用化に向けた研究開発が精力的に進められている。

このようなセラミック複合材料の一例を図7に示す。

【0003】 この複合材料は、図7に示すように、セラミック母材100内にセラミック繊維101を備え、例えばセラミック繊維101として直径10μm前後のSiC系繊維を用いてプリフォームを作成し、これに焼結用原料を含浸およびその状態で焼結してセラミック母材100を形成することにより、その母材100内に繊維101を複合化させたものである。このような複合材料は、繊維の複合化により、一般に引張り応力下などで破壊が一気に進行しやすいといったセラミックス固有の脆性を改善して高韌性化などを実現可能とされている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述したガスタービン部品への適用が期待されている従来例のセラミック複合材料にあっては、一般にセラミック繊維とセラミック母材との間で弾性率に違いがあり、例えば多くの場合にセラミック繊維として母材よりも弾性率が低い低弾性繊維が使用されており、このような両者の弾性率の違いに応じて一定の変形などを受けたときの両者の荷重分担も異なっている。

【0005】 すなわち、低弾性繊維を用いた複合材料の場合には、図8の応力分布図で示すように、繊維の部分で応力が低く、言い換えると母材の部分で応力が高くなるといった応力分布パターンとなる。したがって、母材中に亀裂が発生した場合を考えると、繊維は、母材と比べて応力が低く強度に対して十分に裕度があるために、その配置箇所で母材からの亀裂進展を阻止する機能を有する一方、複合材全体の強度を考えれば、これが繊維よりも応力が高い母材の強度に依存するために繊維の強化材としての機能は不十分となる。

【0006】 このように従来例の複合材料では、低弾性繊維の複合化により、亀裂進展抵抗を増大させるといった利点があるものの、材料全体の強度向上を必ずしも期待できない。このことは、実際のガスタービン部品などに適用する場合には、決して望ましことではない。

【0007】この発明は、このような従来の事情を考慮してなされたもので、繊維を複合化させた場合の亀裂進展抵抗を増大させる利点を活用しつつ、材料全体の強度向上を期待できるセラミック複合材料とその部品を提供することを、目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記目的を達成するため、亀裂進展抵抗と破壊強度とを同時に改善できる所望の特性をもつセラミック複合材料について種々の研究、とくに理論上の検討・考察を重ねた。例えば、亀裂進展抵抗と破壊強度とが両立しないのは、上記のように母材と繊維との間の応力分布パターンに違いがあるためである。この両者の応力分布を左右している主要なパラメータは母材に対する繊維の弾性率の違いであり、これを適度に調整すれば、上述の所望の特性が得られる、と考えた。

【0009】最初に着目したのは、低弾性繊維に代えて母材よりも弾性率の高い繊維を導入することであった。この高弾性のセラミック繊維としては、例えば炭素繊維を芯材としてそのまわりにSiCをCVD法（化学的蒸着法）でコーティング形成したSiC系繊維などが知られている。

【0010】しかしながら、このような高弾性繊維を用いる場合には、上記とは逆に、繊維の部分で応力が高く、母材の部分で応力が低くなるといった応力分布パターンとなる。したがって、この場合には、繊維の強化材としての機能は期待できるものの、一旦破壊が生じると繊維の部分が高応力となっているために亀裂進展を有効に阻止できなくなり、複合材として繊維に期待される本来の主要機能、すなわち亀裂進展抵抗を高めるという特性を損ねてしまうことが分かった。

【0011】そこで、本発明者は、上述のように低弾性と高弾性の各繊維のいずれか一方を配置するのではなく両方を混合して配置することにより、それぞれを単独で配置した場合の弱点をその互いの利点で相互に補完し、これにより、低弾性繊維による亀裂進展抵抗を増大させる機能と高弾性繊維による破壊強度を高める機能とを同時に合わせもつ新規な特性を有する複合材料の知見を得た。加えて、この知見の範囲（外延）を明確にすべく、実際のガスターイン部品などへの適用を想定して、例えば繊維配置構造などの工夫も試みた。

【0012】この発明に係るセラミック複合材料は、上記のような知見に基づいて完成されたものであり、セラミック母材と、この母材内に複合化されるセラミック繊維とで構成し、この繊維は、セラミック母材よりも高弾性の繊維と、そのセラミック母材よりも低弾性の繊維とを備え、この高弾性および低弾性の繊維をセラミック母材内に混在させたことを特徴としている。ここで、高弾性および低弾性の基準となるパラメータとしては、例えばヤング率などに代表される弾性率を用いる。

【0013】この複合材料によれば、母材よりも高弾性の繊維の部分は、母材と比べて応力が高くなつて強度分担の役割を担うことから、強化材として複合材全体の破壊強度を向上させる機能を有する一方、母材よりも低弾性の繊維の部分は、母材と比べて応力が低くなつて強度に対して十分に裕度があるために母材内で亀裂が発生してもこの配置箇所で亀裂進展を抑制・停止させることから、複合材全体の亀裂進展抵抗を増大させる機能をもつ有する。

10 【0014】前記セラミック母材は、前駆体法、反応焼結法、およびCVI法（Chemical Vapour Infiltration：化学蒸気含浸法）の内の少なくとも1つで形成されるSiCを主相とする母材が好ましい。また、前記セラミック繊維は、SiC系繊維が好ましく、この場合に高弾性の繊維は、化学量論的にSiC組成とみなされるSiC長繊維および炭素繊維を芯材に用いたCVD法（化学的蒸着法）で形成されるSiC長繊維の少なくとも1種とし、低弾性の繊維は、Si-C-O長繊維およびSi-C長繊維の少なくとも1種とすることが望ましい。20 これらは、高温強度などに優れ、市場で比較的容易に入手しやすいためである。なお、その他の低弾性の繊維としては、Si-C-Ti-O長繊維などを用いてよい。

【0015】この発明で好ましいセラミック繊維の配置構造として、前記セラミック繊維は、複数の繊維層、望ましくは二次元織物および一方向プリプレグシートの少なくとも一方を積層させた繊維構造体であり、その複数の繊維層を前記高弾性および低弾性の繊維の少なくとも一方で構成するものとする。二次元織物や一方向プリプレグシートなどを積層させた繊維構造体は、製品として所望の部品形状に加工することが比較的容易であるためである。

【0016】さらに好ましくは、前記繊維構造体は、前記複数の繊維層の積層面に直交する方向に配置される繊維要素を備え、この繊維要素を前記高弾性および低弾性の繊維の少なくとも一方で構成するものとする。この場合には、前記複数の繊維層を低弾性の繊維で構成し、繊維要素を高弾性の繊維で構成することが特に望ましい。

40 【0017】この理由としては、積層面に直交する方向に高弾性繊維を配置することにより、その配置箇所で母材よりも高応力が発生してより一層の強度向上に寄与できるためである。この利点は、特に上記の積層構造を有するセラミック複合材料の場合に最大限に發揮させることができる。このような積層構造では、一般に各層間を引き離す方向、すなわち積層面に垂直な方向の強度が、層に平行な方向の強度に比べて極めて低くなる傾向にある。したがって、繊維要素として高弾性繊維を配置すれば、上記のような強度の異方性を大幅に改善できるためである。

50 【0018】この発明で好ましい別の配置構造として

は、使用時に材料内で発生する応力分布パターンの内の高応力相当部分に前記高弾性の繊維を前記低弾性の繊維よりも高い配合比率で配置すると共に、上記応力分布パターンの内の低応力相当部分に上記低弾性の繊維を上記高弾性の繊維よりも高い配合比率で配置するものとする。この理由としては、高応力相当部分に高弾性繊維を多く配置することにより、この配置箇所でより一層の強度向上に寄与すると共に、低応力相当部分に低弾性繊維を多く配置することにより、その部分ではより一層低い応力しか発生せずに、例えば高応力相当部分で亀裂が発生した場合でも、その進展を有効に阻止できるためである。

【0019】この発明で好ましくは、前記高弾性の繊維とセラミック母材との間の密着強度は、前記低弾性の繊維とセラミック母材との間の密着強度よりも高いものとする。例えば、低弾性繊維とセラミック母材との間に当該母材に対する繊維のすべりを発現可能なカーボンや窒化ホウ素などの界面層（すべり層）を配置し、同様の界面層を高弾性繊維と母材間では省略すればよい。このように母材に対する2種の繊維の密着強度を制御すれば、強度分担の役割を担う高弾性繊維の上記効果をより一層強化できる。

【0020】この発明に係るセラミック複合材料を用いて構成される、好ましい部品としては、ガスターイン部品、例えばガスターインシュラウド部品を挙げることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、この発明に係るセラミック複合材料の実施形態を図1～図6に基づいて具体的に説明する。

【0022】（第1実施形態）図1に示すセラミック複合材料は、有機ポリマーであるポリカルボシランを出発原料とした前駆体法を用いて生成されるSiCを主相とするセラミック母材1と、その母材1中に二次元織物の積層で構築される繊維構造体として複合化させたセラミック繊維2とで構成されている。ここで、セラミック母材1の弾性率（ヤング率）は、300GPa程度である。

【0023】セラミック繊維2は、弾性率が異なる2種の繊維、すなわち弾性率が母材1よりも高い高弾性繊維3と、それが母材1よりも低い低弾性繊維4とで構成され、この両者3、4を用いて個別に製織した二次元織物を交互に積層させることにより、母材1中に混在配置させたものである。母材1と繊維3、4のそれぞれとの間にはすべり性を高めるための界面層5が存在している。この界面層5は、例えば繊維表面に予めコーティングされたカーボンや窒化ホウ素などで構成されている。

【0024】高弾性繊維3は、例えばポリカルボシランを出発原料とし、これに電子線照射による不融化解処理を含む熱処理を施して生成される直径約14μmのSiC

長繊維（日本カーボン株式会社製、商品名：ハイニカロンタイプS）で構成され、その成分組成として低酸素含有量だけでなく、炭素含有量をも少ない化学量的に極めてSiCに近いものとなっている。この高弾性繊維3の弾性率は、300GPa～320GPa程度である。これに対して、低弾性繊維4は、例えばSi-C-O長繊維で構成され、その弾性率が250GPa程度となっている。

【0025】このような複合材料は、上述の2種のセラミック繊維を用いて二次元織物を個別に製織し、これを交互に積層させたプリフォーム（繊維構造体）を作成し、これに母材原料であるポリカルボシランを前駆体法を用いて含浸、加熱焼成させることにより、プリフォームの繊維間を埋める周囲にSiCを主相とするセラミック母材を形成して得られる。

【0026】従って、この複合材料によれば、セラミック繊維として低弾性と高弾性の2種のセラミック繊維を使用し、この両者を母材中に混在させたため、高弾性繊維による強度を高める機能と、低弾性繊維による亀裂進展抵抗を増大させる機能とを合わせもつ新規な特性のセラミック複合材料となっている。

【0027】なお、その他として、1）：二次元織物の代わりに1方向プリプレグシートを用いる場合、2）：高弾性繊維として炭素繊維を芯材としてそのまわりにSiCを化学蒸着法で形成した例えば直径100μm以上のSiC長繊維を用いる場合、3）：低弾性繊維としてSi-C長繊維を用いる場合、および4）：SiCを主相とするセラミック母材の形成法としてCVI法または反応焼結法を使用する場合についても、上記特性と略同様のセラミック複合材料が得られる。

【0028】（第2実施形態）図2に示すセラミック複合材料は、これで構成することが期待されているガスターイン部品などの各種部品の使用時に受ける応力分布パターンに基づいて上記2種の繊維の配合比率を制御したものである。具体的には、図中の符号a1で示す高応力相当部分に高弾性繊維3と低弾性繊維4との配合率を上記実施形態の場合の1：1から例えば約2：1として高弾性繊維3を多く配置すると共に、図中の符号a2で示す低応力相当部分に、その配合率を例えば約1：2として低弾性繊維4を多く配置している。

【0029】このような繊維配置構造によれば、使用中に高応力を受ける部分に高弾性繊維をより多く配置してあるため、この部分に相当する強度が他の部分と比べてより一層向上すると共に、この高応力相当部分で仮に亀裂が発生したとしても、それが低応力相当部分に進展していく過程において低弾性繊維の割合が増え、この繊維は低い応力しか発生していないため、その部分で亀裂進展をより効果的に停止・抑制可能となる。

【0030】（第3実施形態）図3に示すセラミック複合材料は、母材1とセラミック繊維2との間の密着強度

を界面層 5 の有無状態により制御したものであり、上記第1実施形態と比べた場合に界面層 5 を低弾性繊維 4 側のみに配置させた点で相違する。したがって、この複合材料によれば、高弾性繊維 3 側の界面層を省略することにより、これと母材との密着強度を積極的に高め、高弾性繊維に期待される強度向上の効果をより一層発揮させて、母材強度をより一層強化できる。

【0031】(第4実施形態) 図4に示すセラミック複合材料は、上記第1実施形態と同様の母材1、繊維2および界面層5で構成されるが、その相違点として繊維2の配置構造を工夫し、具体的には低弾性繊維3および高弾性繊維4で構成される二次元織物の積層に加え、これに垂直な方向に繊維要素として上記と同様の高弾性繊維3aおよび低弾性繊維4aを交互に並設したものである。

【0032】このような繊維配置構造によれば、積層面に平行な方向だけでなく、これに垂直な方向に対しても新たに追加した2種の繊維により強度の向上と亀裂進展抵抗の増大とが期待できることから、上述の効果に加え、例えば積層の各層が互いに引き剥がされるといった不都合な事態をより有効に防止できる利点がある。例えば、層に垂直な方向の繊維として高弾性繊維のみを用いた場合には、層間の強度向上効果をより一層発揮させることができる。

【0033】(第5実施形態) 次に、この発明に係るセラミック複合材料を用いて構成される部品の実施形態を具体的に図5および図6に基づいて説明する。

【0034】図5および図6に示す部品は、ガスタービンケーシング内の主流ガス通路の動翼(図示しない)の外周側に配置され、そのケーシング内の各種金属部を主流ガス通路から熱的に隔離する円筒状のガスタービンシュラウドに適用したものである。

【0035】このシュラウドは、図示の如く、その周方向に沿って分割した円弧板状の複数個のガスタービンシュラウド部品11で構成され、その各部品11の両端部には断面略コ字状の凹部(フック部)11a、11aが形成され、そのフック部11aを介して円筒状の構造体(シュラウド支持体)12で支持されている。この構造体12は、ケーシングに支持されており、その主流ガス通路側には周方向に断面略コ字状の溝部12aが形成され、この溝部12a内の両側壁にはシュラウド部品11のフック部11aを引っ掛けで保持するための肩部12bが形成されている。

【0036】ガスタービンシュラウド部品11は、主流ガス通路の動翼側に配置されて特に高温に晒されるために高い耐熱性などが要求されるガスタービン部品であり、この発明に係るセラミック複合材料を用いて構成されている。

【0037】この複合材料は、図示のごとく、上述と同様にセラミック母材1と、その母材1内に複合化させた

セラミック繊維2、すなわち弾性率が異なる2種の繊維3、4とでなり、セラミック繊維2としては、低弾性繊維4で二次元織物(または一方向プリプレグシート)の積層を形成し、高弾性繊維3で繊維要素を形成した繊維構造体を採用したものである。すなわち、この繊維構造体は、シュラウド部品11の周方向に平行な方向に径方向に沿って低弾性繊維4からなる二次元織物が積層配置され、その積層面に直交する方向の両フック部11a、11a側に高弾性繊維3からなる繊維要素が配置されている。

【0038】このように2種の繊維を用いたセラミック複合材料を用いてガスタービンシュラウド部品を構成したため、以下のような利点がある。

【0039】1) : 層に平行方向の荷重に対しては、低弾性繊維と母材とで強度を分担し、この場合に母材から亀裂が生じても低弾性繊維の部分は低応力となるために亀裂進展を抑制・停止させるように働く。したがって、亀裂発生後の即時破断を殆ど回避でき、使用中に異物が高速で衝突するような場合であっても、部品が完全に飛散して破壊するといった不都合な事態を回避できる。このことは、損傷許容性も向上することを意味する。

【0040】2) : 層に垂直方向の荷重に対しては、高弾性繊維と母材で強度を分担し、この繊維の応力が母材よりも高くなるため、本来高強度の繊維部分(一般にセラミック繊維の強度は母材に比べて数倍程度であり、例えば直徑14μmのSiC長繊維の強度は2000MPa程度である)に高応力が発生し、本来低強度の母材部分(例えばSiC系母材の強度は600MPa程度である)が低強度となるような理想的な強度分担となる。特に、ガスタービンシュラウド部品のフック部に高弾性繊維を加えることで、層に垂直な方向の繊維の強度分担が増し、これにより、剥離強度を大幅に向上させる利点がある。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、セラミック母材よりも高弾性のセラミック繊維と低弾性のセラミック繊維とを母材中に混在させてあるため、低弾性のセラミック繊維により亀裂の進展抵抗を増大させると共に、高弾性のセラミック繊維により強度を高めるといった両方の特性を合わせもつセラミック複合材料とその部品を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るセラミック複合材料の全体構成を示す概略の横断面図。

【図2】繊維配合率を制御した場合(第2実施形態)のセラミック複合材料の全体構成を示す概略の横断面図。

【図3】密着強度を制御した場合(第3実施形態)のセラミック複合材料の全体構成を示す概略の横断面図。

【図4】繊維要素を配置した場合(第4実施形態)のセラミック複合材料の全体構成を示す概略の横断面図。

【図 5】この発明に係る部品の要部構成を示す概略の横断面図。

【図 6】図 5 中の A-A 線に沿って部品を見た概略の水平断面図。

【図 7】従来のセラミック複合材料の全体構成を示す概略の横断面図。

【図 8】従来の母材と低弾性繊維との応力分布を説明する図。

【符号の説明】

1 セラミック母材

2 セラミック繊維

3 高弾性繊維

4 低弾性繊維

5 界面層

1 1 ガスター・ビン・シュラウド部品

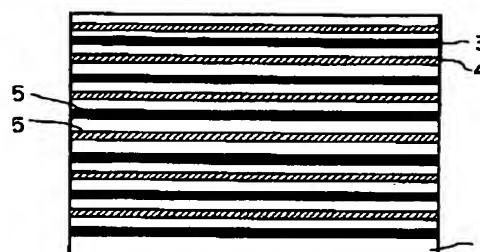
1 1 a 凹部(フック部)

1 2 構造体(シュラウド支持体)

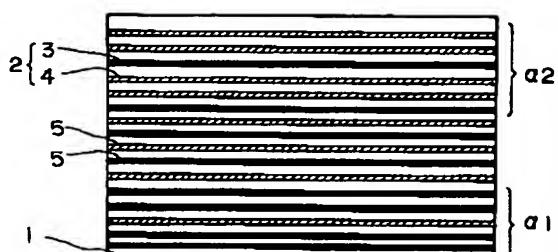
1 2 a 溝部

1 2 b 肩部

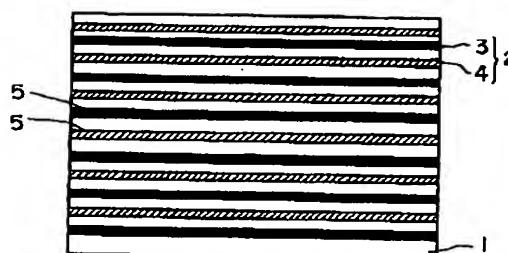
【図 1】



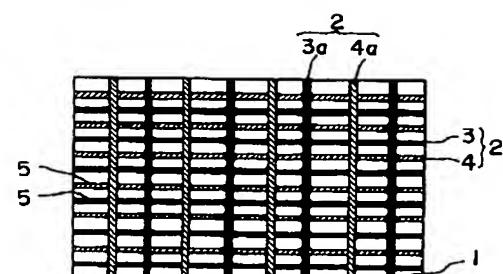
【図 2】



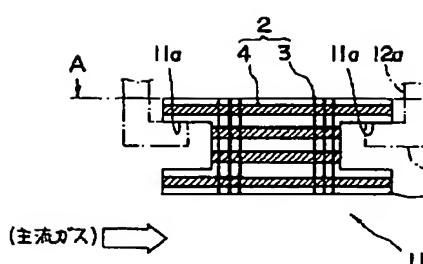
【図 3】



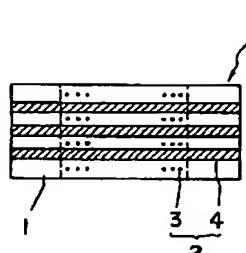
【図 4】



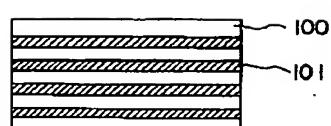
【図 5】



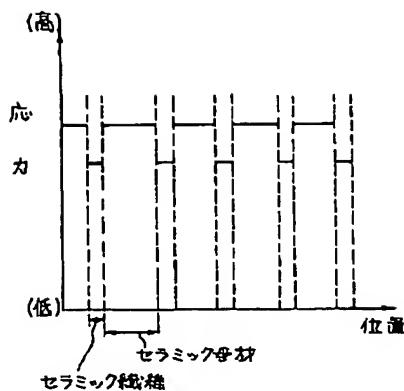
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72) 発明者 亀田 常治
神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内
(72) 発明者 市川 宏
神奈川県横浜市栄区庄戸2-5-16

(72) 発明者 光野 司朗
神奈川県横浜市保土ヶ谷区初音ヶ丘17-1
-1109
(72) 発明者 宮崎 聰
東京都大田区大森東3-4-9